



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Sumber daya alam minyak bumi dan gas alam merupakan sumber daya yang sangat bermanfaat bagi manusia. Dilihat dari kegunaannya, sebagai bahan baku universal yang melalui pengolahan lebih lanjut dapat menghasilkan berbagai macam produk untuk memenuhi kebutuhan manusia dan memberikan kontribusi terhadap devisa negara. Sumber daya alam ini jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbaharui, sehingga pemakaiannya haruslah efektif dan efisien agar diperoleh manfaat yang maksimal.

Dukungan pemerintah berupa strategi yang sudah digariskan dalam Pembangunan Jangka Panjang Tahap-II (PJPT-II) dari April Tahun 1994 s/d Maret Tahun 2019, menyatakan bahwa peranan minyak dan gas bumi sebagai sumber energi dan sebagai bahan baku industri petrokimia masih akan besar.

Produksi *Polyethylene* telah dihasilkan oleh beberapa perusahaan Indonesia diantaranya PT. CHANDRA ASRI dan PT. PENI (Maraudin.P, 2002). Realisasi yang terjadi impor produk mengalami penurunan sampai dengan tahun 1999, namun 5 tahun terakhir ini dari tahun 2000 s/d 2005 masih terdapat peningkatan kebutuhan *Polyethylene* dari luar negeri. Ditjen IKAHH Deperindag menyatakan bahwa kapasitas produksi *Polyethylene* dari industri dalam negeri akhir tahun 2003 tidak mampu lagi memenuhi permintaan bahan baku plastik yang terus meningkat. Tanpa investasi baru dan peningkatan utilisasi kapasitas produksi yang ada, industri ini terancam tidak bisa berkembang dan Indonesia terpaksa harus mengimpor *Polyethylene* secara besar-besaran mulai tahun 2004 sampai sekarang (www.kompas.com).



Melihat dari latar belakang tersebut serta perkembangan teknologi proses industri yang sangat pesat dalam menghasilkan produk sebagai bahan baku *Polyethylene* sehingga mendorong untuk mendirikan industri ini.

Dengan didirikannya pabrik *polyethylene* di Indonesia diharapkan mampu memberikan keuntungan-keuntungan sebagai berikut:

1. Menghemat sumber devisa negara
Orientasi pemenuhan produk *Polyethylene* agar dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga mengurangi ketergantungan impor
2. Membantu pabrik-pabrik di Indonesia yang memakai bahan baku *Polyethylene* karena selain harganya lebih murah, kontinuitas bahan baku juga akan terjaga
3. Proses alih teknologi
Adanya produk yang dihasilkan melalui teknologi modern membuktikan bahwa sarjana-sarjana Indonesia mampu menyerap ilmu serta teknologi modern, dengan demikian kita tidak lagi tergantung pada tenaga asing
4. Membuka lapangan kerja baru dalam rangka turut memberikan lapangan kerja dan pemerataan perekonomian
5. Turut mencerahkan kembali iklim investor di dalam negeri khususnya industri polimer
6. Dapat membuka peluang bagi berdirinya industri lain yang menggunakan *Polyethylene* sebagai bahan baku.

1.2. Kapasitas Rancangan

Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik *Polyethylene* ini ada beberapa pertimbangan antara lain :

- a. Perkiraan kebutuhan produk
- b. Ketersediaan bahan baku
- c. Jumlah impor produk
- d. Kapasitas pabrik yang telah ada



Adapun perkiraan pasok kebutuhan industri Petrokimia tahun 2005-2008 (unit: ton/tahun) dari jenis industri *Polyethylene* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Kebutuhan Industri *Polyethylene* tahun 2005-2008

Keterangan	2005	2006	2007	2008
Kapasitas	550.000	550.000	550.000	550.000
Produksi	584.000	509.000	679.000	742.000
Impor	181.000	170.000	180.000	180.000
Ekspor	208.000	219.000	230.000	239.000

Sumber : AB Plastik, Depperindang, Ekspor dan Impor dari BPS (UGM Press, 2002)

Data impor dari sumber lain menyebutkan bahwa pada tahun 2005 adalah 216.266 dan Tahun 2006 adalah 225.771 ton terlihat bahwa kebutuhan *Polyethylene* di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya (www.kompas.com).

Produsen *Polyethylene* yaitu PT. Petrokimia Nusantara Interindo (PT.PENI) yang berlokasi di Merak dengan kapasitas 200.000 ton/tahun dan PT. Chandra Asri Petrochemical Centre (CAPC) dengan kapasitas produksi 300.000 ton/tahun, sehingga kapasitas seluruhnya mencapai 500.000 ton/tahun. Adapun pabrik yang sejenis beserta kapasitasnya diluar negeri dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. Produksi *Polyethylene* di Amerika Serikat

Producer	Nominal Capacity Operating 1/1/87 (million lb/year)			
	Total	LDPE	HDPE	LLDPE/HDPE
USI	3.240	1.775	1.215	250
Union Carbide	2.115	495		1.620
Dow	2.090	905	180	1.005
Du pont	1.650	760	890	
Chevron	1.495	900	575	
Phillips	1.375		1.375	
Exxon	1.150	500		650
Allied	1.020		1.020	
Soltex	1.000		1.000	
Mobil	950	500		450
Eastman	625	625		
El paso	410	410		
Amoco	355		355	
American Hoechst	275		275	



Westlake	200	200		
Total	17.930	7.070	6.885	3.975

(Sumber : Mc. Ketta, 1983)

Dengan melihat latar belakang yang ada maka perancangan pabrik *Polyethylene* ditetapkan kapasitas sebesar 145.000 ton/tahun.

1.3. Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi di daerah Cilegon didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut:

1. Sumber bahan baku

Bahan baku adalah faktor utama dalam penentuan lokasi pabrik. Pabrik *Polyethylene* ini akan didirikan di kawasan industri Cilegon, karena dekat dengan sumber bahan baku etilen, dari PT. Chandra Asri Petrochemical Center. Katalis di impor dari PT. Shell Company Ltd. jenis SHAC[®] (*Super High Activity Catalyst*) 201.

2. Pangsa pasar

Cilegon merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik karena dekat dengan Jakarta sebagai pusat perdagangan di Indonesia.

3. Fasilitas atau transportasi

Pendirian pabrik ditempatkan di Cilegon dengan pertimbangan kemudahan sarana transportasi. Cilegon merupakan kota besar dengan sarana transportasi darat dan laut yang mudah dijangkau. Bahkan pada tahun 2025 pemerintah berencana membuka pelabuhan internasional di daerah ini. Bandara internasional, Sukarno-Hatta, dapat dijangkau dengan mudah melalui jalan bebas hambatan. Ini semakin mempermudah proses pengiriman produk ke luar negeri atau dikirim ke pasar dalam negeri dengan menggunakan kapal.

4. Tenaga kerja

Penyediaan tenaga kerja di Cilegon tidak sulit karena dari tahun ke tahun angka tenaga kerja semakin meningkat. Begitu juga dengan tingkat sarjana Indonesia serta tenaga kerja lokal yang berkualitas.

5. Perluasan pabrik



Pendirian pabrik haruslah mempertimbangkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 atau 20 tahun ke depan, karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik tidak kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

6. Utilitas

Lokasi di pinggir pantai merupakan sumber air yang dibutuhkan untuk sistem utilitas. Kawasan industri Cilegon juga sudah memiliki fasilitas penunjang beroperasinya suatu pabrik yaitu fasilitas listrik dan air bersih (sarana vital bagi suatu pabrik), dengan demikian pabrik tinggal menyewa persediaan fasilitas tersebut, karena hal ini lebih murah daripada membangun fasilitas baru.

7. Terdapatnya fasilitas dan pelayanan industri dan umum

Maksud dari pelayanan industri di sini adalah bengkel industri dan fasilitas umum lainnya seperti rumah sakit, sekolah dan sarana ibadah.

8. Tinggi rendahnya tingkat pajak dan undang-undang perburuhan

Bagi daerah yang akan memajukan masyarakatnya biasanya memberlakukan keringanan-keringanan, begitu pula di Indonesia. Status Cilegon sebagai kawasan industri, membuat lokasi tersebut memberlakukan keringanan-keringanan tersebut sehingga hal ini mengurangi pengeluaran tetap yang harus dibayar (pajak), sedangkan undang-undang tentang perburuhan untuk saat ini masih bisa diterima oleh kalangan perusahaan.

9. Sikap masyarakat sekitar

Sikap masyarakat sekitar cukup terbuka dengan kehadiran pabrik baru. Hal ini didorong salah satunya karena adanya peningkatan kesejahteraan masyarakat setelah pabrik-pabrik berdiri.

10. Keadaan tanah

Salah satu pertimbangan penetapan lokasi di Cilegon sebagai kawasan industri adalah kondisi tanah yang stabil, sehingga kestabilan tanah bukanlah masalah bagi pendirian pabrik ini.



1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam-macam Proses

Polimerisasi etilen yang memberikan hasil polimer bermassa molekul besar, pertama kali dilakukan oleh Fawlet dan Gibson dari ICI Ltd. di Inggris pada tahun 1933 dengan menggunakan teknik tekanan tinggi. Penelitian ini kemudian dilanjutkan oleh Zeigler and Natta, 1953, yang menemukan kemungkinan proses bertekanan rendah (www.pacia.org.au/_uploaditems/docs/3.polyethylene.pdf).

Produk *Polyethylene* sendiri yang sering disebut polietena atau politena, berdasarkan *density* dan berat molekul penyusunnya dikelompokkan menjadi 3 yaitu:

1. *Low Density Polyethylene (LDPE)*
Density : 0.912 – 0.925 gr/cm³
BM : 10.000 - 15.000 gr/mol
2. *Medium Density Polyethylen (MDPE)*
Density : 0.925 – 0.94 gr/cm³
BM : 15.000 – 35.000 gr/mol
3. *High Density Polyethylen (HDPE)*
Density : 0.94 – 0.965 gr/cm³
BM : 35.000 – 100.000 gr/mol

Ditinjau dari beberapa hal seperti : fase reaksi, penggunaan katalis, Jenis reaktor serta kondisi operasi, ada bermacam-macam proses yang sudah dikembangkan oleh industri antara lain :

a. *Solution Process (fase cair)*

Proses ini telah banyak dikembangkan oleh banyak industri, termasuk diantaranya *Du Pont*, *dow.DSM-Stami Carbon*, *Sumitomo* dan *Mitsui Petrochemie*. Proses ini memproduksi *Polyethylene* jenis HDPE dan LDPE.

Bahan baku etilen dilarutkan dalam *diluent*, misalnya sikloheksana dan dipompa ke Reaktor pada 10 MPa. Reaksinya Adiabatis dan suhu reaksi pada 200-300 °C *feed* mengandung 25%



berat dan 95% dikonversikan menjadi *Polyethylene*, larutan *Polyethylene* keluar dari Reaktor ditreatment dengan *deactivating agent* dan dilewatkan pada bed alumina dimana katalis yang terikat di absorpsi (Kirk Othmer, 1982).

b. *Slurry Process (Suspensi)*

Pembentukan *Polyethylene* tersuspensi dalam *diluent* hidrokarbon untuk pertama kali dipatenkan oleh Ziegler. Pada tekanan tertentu katalis *Ziegler* dapat menghasilkan *yield* yang tinggi, dengan kondisi temperatur dimana *Polyethylene* tidak larut dalam *diluent* tersebut.

c. *Gas Process*

Reaktor yang digunakan adalah *Fluidized Bed Reactor*. Reaktor berbentuk silindris, dengan bagian atas, dibuat lebih besar untuk memungkinkan terjadinya penurunan tekanan, sehingga partikel dapat turun kembali ke bed dan tidak terbawa aliran gas ke luar reaktor.

Katalis jenis *Ziegler Natta* yaitu jenis senyawa organik logam transisi yang berupa campuran halida logam transisi seperti TiCl_4 dan organik logam alkali $(\text{C}_3\text{H}_5)_3\text{Al}$. Gas etilena diumpankan ke dalam reaktor, Granular *Polyethylene* hasil reaksi ditampung dalam suatu *discharge* sistem. Sedangkan etilen yang tidak bereaksi didaur ulang.

Beberapa perusahaan yang mengembangkan proses ini antara lain : *Union Carbide*, *Amoco*, *Cities Service*, *Naptha Chemie*, *BASF*, dan *Imhausen Chemie*.

1.4.2. Proses dalam Perancangan Pabrik

Proses fase cair dengan menggunakan *Stirrer Tank Reactor* dikembangkan oleh *Du Pont*, *Dow*, *DSM Stamicarbon*, *Sumitomo*, dan *Mitsui Petrochemical*. Proses ini memproduksi *Polyethylene* jenis LDPE dan HDPE. Keuntungan proses ini adalah bisa digunakan untuk berbagai macam komonomer.



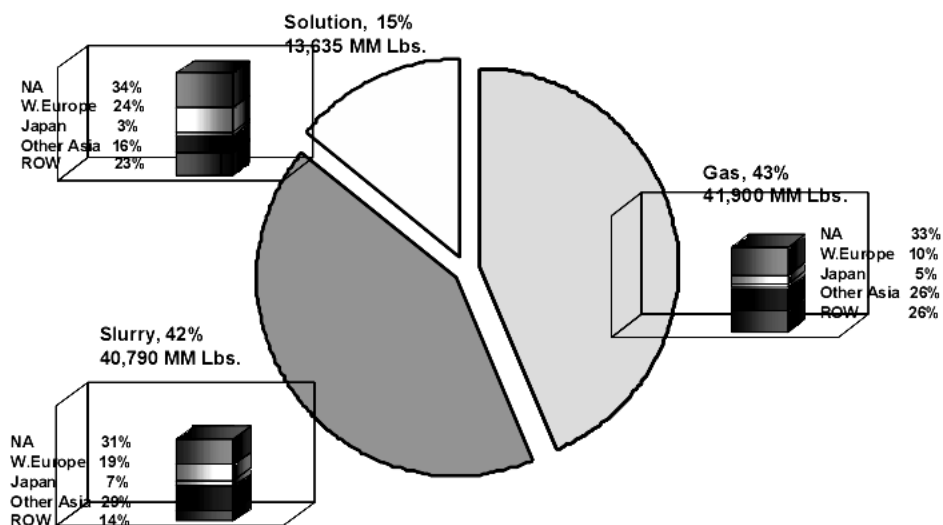
Adapun alasan pemilihan Proses fase cair dengan rektor jenis *stirred tank*. Hal ini didasarkan pada beberapa kriteria:

4. Operasi bekerja pada suhu 200 – 300 °C dan tekanan sekitar 20 atm.
Dibandingkan dengan proses lain, kondisi ini mudah dikontrol.
5. Konversi yang dihasilkan bisa relatif tinggi, yaitu diatas 95 % *overall*
6. Reksi fase cair memudahkan dalam kontrol suhu.
7. Proses ini lebih fleksibel karena dapat menghasilkan polietilen dengan berbagai tipe seperti : LDPE, HDPE, LLDPE

Table 3. Proses Polimerisasi dan Kondisi Operasi Reaktor

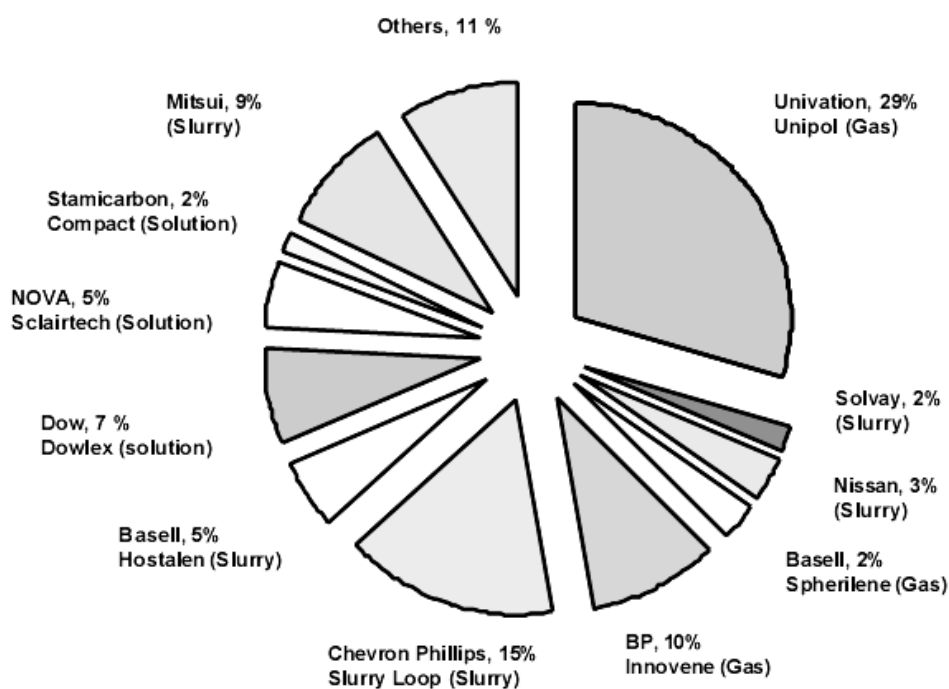
	Proses tekanan tinggi konvensional	Proses bulk, tekanan tinggi	Polimerisasi fase cair	Polimerisasi slurry	Polimerisasi fase gas
Tipe reaktor	<i>Tubular / autoclave</i>	<i>autoclave</i>	CSTR	<i>Loop / CSTR</i>	<i>Fluidized / Stirred Bed</i>
Tekanan reaktor, atm	1200-3000	600-800	~ 100	30-35	30-35
Temperatur, °C	130-350	200-300	140-200	85-100	80-100
Mekanisme polimerisasi	Radikal bebas	Koordinasi	koordinasi	koordinasi	koordinasi
Densitas, g/cm ³	0,910-0,930	0,910-0,955	0,910-0,970	0,930–0,970	0,910–0,970
Index leleh, g/10 min	0,1-100	0,8-100	0,5-105	< 0,1-80	< 0,01-200

(Sumber : www.geogrid.com/pdf/Fluidized-Bed-Reactor.pdf)



Gambar 1. Produksi *Linier Polyethylene* Berdasarkan Proses Dan Negara

(Sumber: Chemical Market Resources, Inc)



Gambar 2. Kapasitas *Linier Polyethylene* Berdasarkan Lisensi

(Sumber: Chemical Market resources, Inc)



1.4.3. Kegunaan Produk

Polyethylene ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2$)_n adalah padatan semi-kristal yang bersifat *thermoplastic*, yang merupakan hasil reaksi polimerisasi gas *Ethylene* (C_2H_4) dengan menggunakan katalisator pada kondisi tekanan dan suhu tertentu.

Polyethylene merupakan senyawa polimer *thermoplastic* yang memiliki sifat tahan panas, daya regang tinggi serta tidak larut dalam pelarut organik. *Polyethylene* ini dalam industri banyak digunakan sebagai bahan baku pada berbagai industri plastik. Adapun kegunaan dari *Polyethylene* dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4. Kegunaan Produk-Produk *Polyethylene*

Densitas	Kegunaan
0,920	Lapisan <i>film</i> yang kuat dan <i>high slip</i> untuk pengemasan transparan makanan
0,938	<i>Drum</i> , <i>hopper</i> dan untuk keperluan di luar ruangan dengan tahanan yang sangat baik terhadap UV
0,952	Wadah untuk makanan, peralatan rumah tangga, Mainan anak
0,953	Campuran untuk membuat kawat, kabel dan untuk kemasan, Wadah besar yang memiliki toughness tinggi dan untuk barang reaktif
0,954	Untuk tutup botol minuman ringan
0,955	Tutup botol bahan kimia dan minuman ringan, Untuk pembuatan keranjang, palet, dan <i>drum</i>
0,956	Lapisan <i>film</i> pengemasan yang tipis dan kantong plastik
0,958	Tabung penyangga kosmetik dan peralatan
0,959	Untuk tutup botol air mineral, Alat rumah tangga, wadah dengan ketahanan terhadap UV yang tinggi

(Sumber : Laporan Kerja Praktek PT.PENI, 2005)

1.4.4. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku serta Produk

1.4.4.1. Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku

1. Etilena



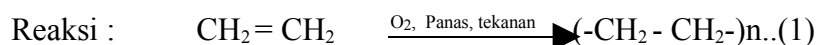
Sifat-sifat fisika

- a. Rumus molekul : C_2H_4
- b. Berat molekul : 28,054 gram/mol
- c. Fase : padat
 - Titik leleh : -169,05 °C
- d. Fase cair
 - Densitas (1,013 bar) : 23,281 kg/m³
 - Titik didih (1,013 bar) : -103,68 °C
 - Panas laten penguapan : 182,7791 kJ/kg
- e. Fase gas
 - Densitas (1,013 bar) : 1,819 Kg/m³
 - *Specific gravity* (1,013 bar, 21°C) : 0,35
 - *Specific volume* (1,013 bar, 21°C) : 1,48 m³/Kg
 - Cp (1 bar, 25 °C) : 0,033 kJ/(mol K)
 - Viskositas (0 °C, 1,013 bar) : 4,99 x 10⁻⁶ Pa.s
 - Konduktivitas panas : 0,006994 W/(m K)

Sifat-sifat kimia

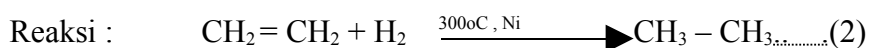
1. Polimerisasi

Polimerisasi merupakan reaksi kimia di mana dua molekul atau lebih bergabung pada suhu dan tekanan tertentu membentuk molekul yang lebih besar disebut polietilen.



2. Hidrogenasi

Etilena dapat diubah menjadi etana melalui proses hidrogenasi langsung dengan katalis nikel pada suhu 300°C.



3. Adisi

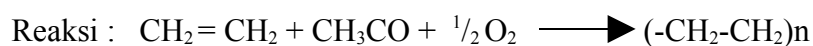
Penambahan brom (Br_2) pada senyawa berikatan rangkap menghasilkan dibromida senyawa baru menjadi jenuh. Reaksi ini



juga dipakai untuk mengidentifikasi adanya suatu ikatan rangkap yang ditandai hilangnya warna coklat dari larutan brom.

4. Oksidasi

Oksidasi etilena secara langsung dapat menghasilkan vinyl asetat. Pada saat ini untuk memproduksi vinyl asetat banyak digunakan etilena sebagai bahan bakunya disbanding asetilena.



1.4.4.2. Sifat Fisik dan Kimia Bahan Pembantu

1. Metil Akrilat

Sifat-sifat fisika

- | | |
|---|---------------------------------------|
| a. Rumus molekul | : $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ |
| b. Berat molekul | : 86,091 gram/mol |
| c. Fase padat | |
| ▪ Titik leleh | : $-185,2^\circ\text{C}$ |
| d. Fase cair | |
| ▪ Densitas | : 593 kg/m^3 |
| ▪ Titik didih | : $-6,1^\circ\text{C}$ |
| ▪ Panas laten penguapan | : $182,7791 \text{ kJ/kg}$ |
| e. Fase gas | |
| ▪ Densitas | : $1,819 \text{ kg/m}^3$ |
| ▪ <i>Specific gravity</i> | : 0,6013 |
| ▪ <i>Specific volume</i> | : $1,48 \text{ m}^3/\text{kg}$ |
| ▪ C_p (1 bar, 25°C) | : $0,033 \text{ kJ}/(\text{mol K})$ |
| ▪ Viskositas (0°C , 1,013 bar) | : $3,381 \times 10^{-6} \text{ Pa.s}$ |
| ▪ Konduktivitas panas | : $0,012 \text{ W}/(\text{m K})$ |

Sifat-sifat kimia



Metil Akrilat merupakan bahan kimia yang mudah terbakar dan mudah meledak. Dalam jumlah yang kecil dapat menyebabkan gangguan pada saluran pernafasan serta iritasi pada kulit mata. Oleh karena itu keberadaannya diudara dibatasi sampai 10 ppm.

Dalam industri metil akrilat digunakan sebagai bahan *intermediet*, *amphoteric surfactan*, vitamin B1, serta sebagai bahan baku komonomer pada industri polimer, yaitu polimer akrilik. Sebagian besar komonomer ini digunakan pada industri polimer akrilik *termoseting*, seperti 2-hidroksi etil akrilat (HEA) dan hidroksi propil akrilat (HPA).

Secara komersial metil Akrilat dapat diperoleh dari sintesa *etil cyanohidrin* dengan metana dan *diluent* asam sulfat, atau melalui reaksi *oxo* asetilena dengan karbon monoksida melalui katalis kobalt/nikel. Selain itu metil akrilat juga dapat diperoleh dari sintesa β -*propiolacton*.

2. Hidrogen

Sifat-sifat fisika

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| a. Rumus molekul | : H ₂ |
| b. Berat molekul | : 2,016 gram/mol |
| c. Fase padat | |
| ▪ Titik leleh | : -259°C |
| d. Fase cair | |
| ▪ Densitas | : 70,973 kg/m ³ |
| ▪ Titik didih | : -252,8 °C |
| ▪ Panas laten penguapan | : 454,3 kJ/kg |
| e. Fase gas | |
| ▪ Densitas | : 1,312 kg/m ³ |
| ▪ <i>Specific Gravity</i> | : 0,0696 |
| ▪ <i>Specific Volume</i> | : 11,986 m ³ /kg |
| ▪ Cp (1 bar, 25 °C) | : 0,029 kJ/(mol K) |



- Viskositas (0 °C, 1,013 bar) : 0,021 kJ/(mol K)
- Konduktivitas panas : 168,35 mW/(m K)

Sifat-sifat kimia

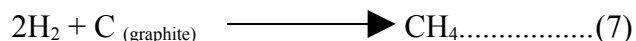
- a. Hidrogen diproduksi dari larutan asam dalam logam atau dari reaksi logam alkali dalam air. Reaksi tersebut berjalan pada temperatur kamar. Reaksinya:



- b. Hidrogen bereaksi dengan O₂ membentuk air pada kondisi yang sesuai. Reaksinya:



- c. Hidrogen bereaksi dengan karbon pada suhu tinggi membentuk metana. Reaksinya:



- d. Hidrogen dapat bereaksi dengan nitrogen untuk memproduksi amonia. Reaksinya:



3. Sikloheksana

Sifat-sifat fisika

Rumus molekul	: C ₆ H ₁₂
Berat molekul	: 84,156 gr/mol
Bentuk	: cair
<i>Freezing Point</i>	: 6,55 °C
<i>Boiling Point</i>	: 80,74 °C
Temperatur kritis	: 281 °C
Tekanan kritis	: 30,835 mm Hg
Viskositas (20oC)	: 0,98 cp
Kapasitas panas cairan (27oC)	: 37,53 kal/grmol/°C
Kapasitas panas uap (25oC)	: 25,40 kal/grmol/°C
Panas laten peleburan	: 639,8 kal/grmol



Panas laten penguapan pada TD normal : 85,4 kal/gr

Sifat-sifat kimia

Sikloheksana merupakan senyawa cincin non polar yang relatif stabil. Oleh karena itu dengan perlakuan temperatur dan dengan adanya Aluminium klorida, sedikit isomerisasi menjadi *metilsiklopentan*. Atau pembukaan cincin yang terjadi. Pada suhu yang tinggi (700-800 °C) sikloheksana terdekomposisi menjadi butadiena dan produk lainnya.

Oksidasi fase cair dari sikloheksana dengan udara memperoleh campuran Sikloheksanol yang utama dan Sikloheksanon, merupakan suatu reaksi berantai.

Dalam memproduksi polimer nylon-66 perlu sekali dihasilkan *adipic acid* sebagai intermediat. *Adipic acid* ini biasanya dihasilkan dari oksidasi campuran Sikloheksanol-Sikloheksanon dengan *nitric acid*.

1.4.4.3 Sifat Fisik dan Kimia Produk

1. Polyethylene

Sifat-sifat fisika

- Rumus molekul : $(-CH_2-CH_2-)_n$
- Fase : Padatan
- Densitas : 0.91-0.968 g/cm³
- Berat Molekul : 10.000-100.000 g/gmol
- Warna : Putih
- Titik Lebur Kristal : 109-183 °C
- Koefisien Fraksi : 0,06 – 0,3
- *Cristallinity* : 55 – 85 %
- *Yield strength tensile* : 1250 – 4100 psi
- Konduktivitas termal : 2,3 – 3,4 Btu in/hr ft²

Sifat-sifat kimia



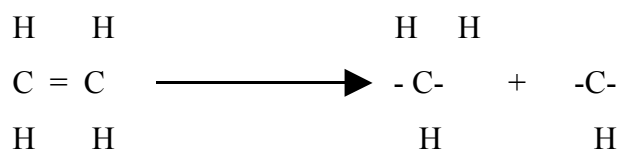
- Tidak larut dalam pelarut apapun pada suhu kamar, tetapi mengembang oleh hidrokarbon dan karbon tetraklorida.
- Tahan terhadap asam dan gas.
- Dapat dirusak oleh asam sulfat pekat
- Tidak tahan terhadap cahaya dan oksigen
- Bila dipanasi secara kuat, akan membentuk sambung silang yang diikuti oleh pembelahan ikatan secara acak suhu lebih tinggi, tetapi polimerisasi tidak terjadi.

(Kirk and Othmer, 1968)

1.4.5. Tinjauan Proses Secara Umum

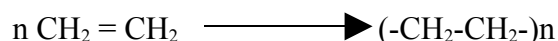
Pada pembuatan *Polyethylene* merupakan proses penggabungan beberapa gugus molekul penyusun yang disebut monomer, membentuk molekul yang lebih besar dengan berat molekul raksasa yang disebut polimer. Proses ini dikenal dengan polimerisasi atau proses pembentukan polimer. Pada saat terjadinya polimerisasi, lengan ikatan rangkap atom karbon lepas kemudian bergabung dengan atom karbon lainnya yang juga mengalami hal yang sama begitu seterusnya sehingga membentuk rangkaian panjang secara molekuler.

Pemutusan ikatan rangkap atau ikatan kovalen itu, biasa disebabkan karena adanya panas, tekanan atau karena sebab-sebab kimia lainnya



Molekul-molekul etilen yang berwujud gas yang ringan dan selama terjadinya polimerisasi, molekul-molekul etilen dalam jumlah ribuan tersebut, akan bergabung dengan molekul-molekul etilen lain membentuk *Polyethylene* yang lebih solid.

Reaksi yang terjadi :



Reaksi polimerisasi dapat digolongkan menjadi *step growth* dan *chain growth*. Pada polimerisasi *step growth* reaksi yang menghubungkan monomer, *oligomer*, dan polimer mempunyai mekanisme yang sama. Pertumbuhan rantai polimer secara perlahan dari monomer menjadi *dimmer* dan seterusnya terbentuk molekul polimer dengan ukuran besar. Rantai polimer terus tumbuh dari dua sisi selamam polimerisasi, sehingga biasanya waktu plimerisasi lama (orde jam).

Sedangkan polimerisasi *chain growth*, molekul tumbuh cepat sekali. Pada polimerisasi ini terjadi pembentukan *active center* yang dapat berupa radikal bebas, kation atau anion. Begitu *active center* terbentuk, rantai polimer akan terbentuk cepat sekali dan pada waktu rantai dideaktivasi oleh terminasi ranai polimer menjadi mati dan tidak dapat bertambah lagi.

a. Polimerisasi *Step Growth*.

1. Polimerisasi Linear

Pada Polimerisasi ini hanya ada satu jenis reaksi kimia yang menghubungkan semua ukuran molekul. Contohnya adalah reaksi esterifikasi, amidasi, pembentukan *urethane* dan substitusi *aromatic*. Reaksi pertumbuhan pada polimerisasi ini secara umum adalah :



2. Polimerisasi *Interfacial*

Metoda ini digunakan untuk menghasilkan polimer dengan massa molekul yang sangat besar pada *interface* dua larutan *immisible*. Contohnya adanya poliamidasi, terbentuk pada suhu kamar dari larutan *diamin* dan *diacid clorida* dalam larutan organik. Polimer yang terbentuk dapat berupa film. Pada waktu molekul polimer mulai terbentuk dan monomer mulai bereaksi lagi, monomer ini akan bereaksi dengan rantai yang sudah ada, sebelum sempat membentuk rantai polimer yang baru. Jadi akan didapat polimer dengan BM yang besar sekali. Reaksi tidak banyak digunakan karena monomer yang



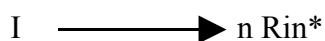
digunakan mahal dan *solvent* dalam jumlah besar harus dipisahkan dan *direcovery*.

3. Polimerisasi nonlinear

Polimerisasi ini terbentuk dari monomer dengan dua gugus fungsional.

b. Polimerisasi *chain growth*

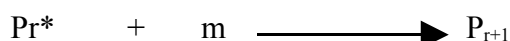
Polimerisasi ini harus dimulai dengan adanya *active center* (Rn^*) yang kebanyakan berupa radikal bebas. *Active center* adalah partikel yang mengandung elektron tak berpasangan. *Active center* biasanya terbentuk dari penguraian zat yang relatif yang tidak mantap. Ikatan rangkap dua sangat mudah diuraikan oleh adanya panas, tekanan atau pengaruh kimia guna membentuk *active center*. *Active center* ini memicu reaksi polimerisasi sehingga polimerisasi terjadi begitu cepat dalam waktu beberapa detik saja. Sehingga bila ada katalis I, katalis digunakan untuk menghasilkan *active center*.



Active center Rn^* dengan monomer akan membentuk *active center* baru dan bergabung dengan monomer. Reaksi ini disebut propagasi.



m adalah monomer dan P_r^* adalah polimer aktif dengan rantai panjang r. Secara umum reaksi propagasi adalah:



Pada polimerisasi ini hanya molekul dengan *active center* yang bisa mengalami reaksi propagasi, maka molekul yang sudah terbentuk dapat dianggap sebagai polimer yang sudah mati, yang tidak dapat menjadi rantai lagi.

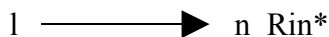
Ada tiga dasar reaksi radikal bebas sebagai *active center* yaitu:

1. Tahap inisiasi

Pada tahap ini terjadi dua pembentukan radikal bebas, yaitu radikal bebas dari reaksi aktivasi katalis dan dari reaksi terhadap molekul



etilen monomer yang membentuk radikal baru. Reaksi ini terus berlangsung menghasilkan radikal bebas selama polimerisasi.



Radikal bebas R_{in}^* dari inisiator disebut radikal primer atau radikal inisiator.

2. Tahap Propagasi

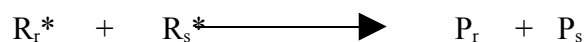
Radikal bebas yang terbentuk pada reaksi inisiasi sangatlah reaktif dan dapat cepatnya bereaksi dengan monomer membentuk rangkaian yang berkelanjutan, *free radical chain reaction*. Dalam setiap tahapan reaksi yang terjadi pada radikal bebas disertai dengan pembentukan radikal bebas baru, sehingga terjadi reaksi yang berantai.



3. Tahap Terminasi

Reaksi yang berkelanjutan dihentikan oleh reaksi-reaksi yang tidak membenuk radikal bebas. Reaksi-reaksi itu adalah reaksi kombinasi dan *disproporsionasi* terhadap dua radikal bebas.

Reaksi *disproporsionasi*:



Reaksi kombinasi :



P_r adalah molekul polimer dengan rantai panjang rantai r dan tidak mempunyai pusat radikal.